

# IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB KERETAKAN PADA PLATFORM MODULE (H-BEAM) MENGGUNAKAN METODE NDT (NON DESTRUCTIVE TEST) DI PT MULTI GUNUNG MAS BATAM

Anggia Arista<sup>1\*</sup> dan Rony Prasetyo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Putera Batam

\*Email: [anggiaarista4@gmail.com](mailto:anggiaarista4@gmail.com)

## Abstract

An Offshore platform module is used as foundation to support and sustain the weight of all activities that occur on the module. The platform is a combination of a large H-Beam that incorporates the welding process. The vibration machine and the process can lead to crack (fracture) at H-beam welding and will continue to propagate and be fatal. As a precaution to quality control tool need does not spoil the outcome of the H-beam assembly by using of NDT (Non Destructive Test) method and ultrasonic techniques as cracking defect detection (crack) which occurs in the H-beam. The variables used are metal material cracks, material cracking factors and frequency of cracking factors. To analyze the cracking are using pareto chart and fishbone diagram. The relationship between the factors that cause disability to defects caused using chi square calculation. The results of this study are that there are 4 factors that cause defects, namely the welding flame is too small, the welding flame is too large, the material is too thick and dirty in the welding area. The conclusion of this study requirement is material strength rift in the welding H-beam process with the level of comparison between chi square count 141,83 is greater than the chi square table 21,66 and with degrees of free 9, and with the Contingency coefficient of 0,89 which indicates there is a strong influence among the causes of the rift.

**Keywords:** Crack, Platform Module (H-beam), Non Destructive Test (NDT)

## 1. Pendahuluan

Logam merupakan bahan teknik yang paling umum digunakan dalam bidang industri khususnya yang berasal dari baja sering menjadi indikator perindustrian. (Schey, 2009). Baja pada dasarnya ialah besi (Fe) dengan tambahan unsur Karbon (C). Bila kadar unsur karbon (C) lebih dari 1.67%, maka material tersebut biasanya disebut sebagai besi cor (*Cast Iron*). Semakin tinggi kadar karbon dalam baja, maka akan mengakibatkan kuat leleh dan kuat tarik baja akan naik sehingga *elongasi* (keliatan) baja berkurang dan mengakibatkan baja tersebut semakin sukar dilas.

Baja umumnya digunakan untuk membangun komponen - komponen berukuran besar atau kompleks yang tidak biasa. Selain itu baja memiliki aplikasi penting seperti digunakan untuk bahan konstruksi, peralatan mesin-mesin, pengerjaan logam, komponen - komponen instalasi ladang minyak, pabrik kimia dan lain

sebagainya. Selain memiliki banyak kegunaan, hal yang terpenting pada logam (baja) adalah sifat dari logam itu sendiri. Logam dapat didaur ulang tanpa menurunkan sifat-sifatnya, yang artinya walaupun logam sudah rusak atau terkontaminasi masih dapat diubah menjadi logam baru melalui pemurnian dengan cara peleburan dan pemisahan partikel-partikelnya.

Banyaknya kegunaan dari logam khususnya bahan baja mengakibatkan bertambah banyaknya permintaan akan pembuatan konstruksi baja, sehingga semakin bertambah perusahaan yang berdiri dalam bidang konstruksi baja diseluruh dunia. Tingkat persaingan dan permintaan konsumen yang semakin besar terhadap kualitas baja mengakibatkan perusahaan harus meningkatkan kualitas dari produknya. Kualitas adalah hal yang paling utama dalam setiap kegiatan produksi, oleh karena itu banyaknya metode-metode yang digunakan dalam kegiatan pengendalian kualitas. Selain itu banyaknya teknologi-teknologi yang

bermunculan untuk mengantisipasi kerusakan-kerusakan baik bersifat sementara maupun permanen.

Platform pada module merupakan kerangka utama atau fondasi untuk lantai modul dan ukurannya sangat besar dibentuk oleh rangkaian H-beam. H-beam merupakan gabungan besi baja berupa plat (*flat*) berbentuk H yang disatukan dengan proses pengelasan yang fungsi utamanya adalah mampu mendukung bangunan beserta fasilitas operasionalnya di atas air laut selama waktu operasi dengan aman.

Kerusakan (*defect*) seringkali muncul ketika module tersebut sudah terpasang atau sudah beroperasi. Kerusakan dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan dan dapat mengancam keselamatan para pekerja. Getaran-getaran yang kuat yang berasal dari mesin-mesin besar dapat memicu keretakan sehingga mengakibatkan runtuh atau rapuhnya *platform*.

Munculnya kerusakan yang sangat serius pada H-beam (*platform*) seringkali terlihat pada masa waktu pengoperasian module, sedangkan usia module masih dalam waktu garansi atau baru diproduksi. Pada dasarnya keretakan yang terjadi akibat pengelasan dan tidak dapat dilihat dari luar dan tidak bisa diprediksi, terkadang *visual check* tidak dapat memastikan sepenuhnya bahwa H-beam yang dilas itu tidak terjadi *defect cracks* (keretakan). Oleh karena itu, harus dilakukan pencegahan atau pengeidentifikasian terhadap faktor-faktor kerusakan untuk mengetahui keretakan keretakan yang mungkin terjadi, penulis menggunakan metode *Non Destructive Test* (NDT) dengan teknik Inspeksinya menggunakan UT (*Ultrasonik*). NDT atau yang berarti uji tanpa rusak adalah sarana penunjang yang sangat diandalkan dalam kegiatan pengendalian mutu (*quality control and quality assurance*), NDT digunakan untuk mendapatkan data dari ukuran / dimensi objek inspeksi maupun jenis, bentuk, dan lokasi *defect* yang tidak diketahui yang terdapat pada objek inspeksi tersebut. (Widharto, 2004:1)

Keretakan merupakan kecacatan yang fatal, oleh karena itu diperlukan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi keretakan tersebut "*cracks that may occur in welded materials are caused generally by many factors and may be classified by shape and position*". (Sofyan, 2008). Dalam

hal ini penulis mengkaji faktor keretakan terhadap ketebalan bahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor – faktor penyebab keretakan pada *Platform module (H-beam)* menggunakan metode *Non Destructive Test* (NDT) pada PT Multi Gunung Mas Batam untuk pengendalian kualitas terhadap *defect* khususnya keretakan (*crack*).

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Keretakan Bahan

Keretakan bahan terjadi akibat adanya regangan atau gaya tarik pada suatu bahan. Selain dari bentuk-bentuk konstruksi yang kompleks, bahan material yang besar dan ketebalan dari bahan yang digunakan juga menyebabkan perubahan arah gaya-gaya yang tidak dapat diantisipasi akibatnya terjadi regangan pada suatu titik dan mengakibatkan retak (*crack*).

Keretakan dihasilkan dari suatu proses pekerjaan yang menggunakan panas seperti saat proses pengelasan. Karat juga merupakan salah satu faktor penyebab keretakan, karat dapat terjadi apabila proses pengelasan pada benda yang lembab atau sekitar benda mengandung gas hidrogen. Hidrogen akan mengendap sehingga terjadi karat dari dalam dan mengakibatkan timbulnya keretakan.

### 2.2. Jenis Keretakan pada Proses Pengelasan

Jenis keretakan yang terjadi pada bahan pengelasan yang mempunyai ukuran yang tebal, yaitu:

#### 1. Retak Panas

Retak panas terjadi ketika adanya perlakuan pembekuan yang tidak seimbang, ketika pengelasan berlangsung suhu logam dapat mencapai 700° sehingga ikatan atom menjadi renggang dan proses pengelasan harus di berhentikan. Dalam mempercepat proses pengerjaan pengelasan maka dilakukan proses pendinginan pada logam yang dilas. Semua kejadian selama proses pendinginan dalam pengelasan hampir sama dengan pendinginan dalam pengecoran, perbedaannya adalah:

- a) Kecepatan pendinginan dalam las lebih tinggi.
- b) Sumber panas dalam las bergerak terus
- c) Dalam proses pengelasan, pencairan dan pembekuan terjadi secara terus menerus
- d) Pembekuan logam las mulai dari dinding logam induk yang dapat dipersamakan dengan dinding cetakan pada pengecoran, hanya saja dalam pengelasan, logam las harus menjadi satu dengan logam induk, sedangkan dalam pengecoran yang terjadi harus sebaliknya.

## 2. Retak Dingin

Retak dingin disebabkan tertimbunnya *Hydrogen* ( $H_2O$ ) pada daerah pengelasan yang menyebabkan *embrittlement* (perapuhan) dan *porosity* (lubang-lubang kecil) yang mengakibatkan keretakan. Hidrogen yang diserap berasal dari air, kelembaban udara dan kawat las yang lembab. Dilihat posisinya, retak dibedakan menjadi 3 keretakan, yaitu:

### (1). Retak Pada Permukaan Atas Las

Jenis cacat ini tampak langsung oleh pandangan mata atau *visual check* setelah dilakukan uji *penetrant*. Cacat permukaan atas terdiri *crater crack* atau *crow feet* (retak kawah), *surface crack* (retak permukaan), *longitudinal/transversal crack*.

### (2). Retak Pada Permukaan Bawah Las

Jenis cacat seperti ini tidak tampak oleh pandangan mata (*visual check*), dikarenakan biasanya terjadi pada langkah pengelasan awal (*root weld*) atau merupakan tembusan pengelasan, maka pengindentifikasiannya menggunakan uji *ultrasonik* atau *radiografi*. Jenis keretakan yang sering muncul adalah *root crack*.

### (3) Retak Pada Internal Las

Keretakan pada internal las terjadi berupa keretakan bagian hasil pengelasan itu sendiri dan bisa juga keretakan yang terjadi pada bagian sisi material yang bersentuhan dengan cairan las. Cara pengindentifikasian yang digunakan ialah *Ultrasonic* (UT). Adapun jenis keretakannya adalah internal las (*longitudinal crack*, *transversal crack*), dan *under bead crack*.

## 2.3. Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan logam cair yang dileburkan oleh energi panas (Wirjosumarto, 2000). Logam induk dan kawat mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul di antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa *fluks* (serbuk yang mudah terbakar). Pengelasan yang baik adalah pengelasan yang tidak menghasilkan *defect* (kecacatan), ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengelasan agar mendapatkan hasil yang baik;

1. Tipe sambungan harus disesuaikan dengan bentuk dan ketebalan plat agar kekuatan las kuat.
2. Posisi pengelasan, dikarenakan banyaknya tipe pengelasan maka setiap tipe pengelasan menggunakan posisi pengelasan yang berbeda-beda.
3. Arus pengelasan. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi juga oleh arus las, tegangan dan kecepatan pengelasan, artinya, Jika arus pengelasan yang dibutuhkan besar maka kecepatan pengelasan dipercepat begitu juga sebaliknya guna menghindari pengerukan pada pinggir pengelasan.
4. Sebelum melakukan pengelasan sebaiknya daerah pengelasan dipanaskan.

## 2.4. Platform Module (H-BEAM)

Kandungan minyak dan gas bumi yang terkandung di perut bumi ternyata tidak hanya terdapat di bawah daratan melainkan juga di bawah dasar laut. Untuk mengambilnya tentu saja diperlukan suatu peralatan (struktur) pendukung dengan teknologi yang maju yang dapat bertahan dari ganasnya terjangan gelombang laut. Menurut Quedarusma, dkk (2013) menjelaskan bahwa, anjungan lepas pantai (*Offshore platform*) adalah struktur atau bangunan yang dibangun di lepas pantai untuk mendukung proses eksplorasi atau eksploitasi bahan tambang (minyak dan gas bumi). Biasanya anjungan lepas pantai (*Offshore platform*) memiliki sebuah *rig* pengeboran yang berfungsi untuk menganalisa sifat geologis maupun untuk membuat lubang yang memungkinkan

pengambilan cadangan minyak bumi atau gas alam dari dasar laut.

*Platform* pada *module* adalah gabungan H-beam yang dirangkai dengan proses pengelasan. *Platform* adalah sebuah konstruksi yang dibangun di atas kaki baja (*jacket leg*) atau beton, atau keduanya, tertanam langsung ke dasar laut, menopang bangunan atas (*dek/topside*) dengan ruang untuk rig pengeboran, fasilitas produksi dan tempat tinggal pekerja. *Platform* dirancang untuk pengoprasian yang sangat panjang (hingga 50 tahun). Berbagai jenis struktur yang digunakan, kaki baja, baja dan bahkan beton mengambang. Kaki baja (*jacket leg*) bagian vertikal tersusun dari baja tubular, dan biasanya dipaku bumi ke dasar laut.

## 2.5. Non Destructive Test (NDT)

Jenis inspeksi *Non Destructive Test* (NDT) ini dimaksudkan untuk mengungkap atau mendeteksi segala jenis kerusakan yang ada di permukaan benda atau didalam benda tersebut seperti retak (*crack*), kekeroposan (porosity), dan berbagai jenis kerusakan lainnya. Tujuannya adalah setelah cacat tersebut terdeteksi dan selanjutnya diperbaiki dapat menghasilkan output yang bebas cacat, sekaligus mencegah terjadinya perkembangan cacat tersebut menjadi penyebab kerusakan yang serius atau sumber bencana bagi pekerja disekitarnya.

Pengujian tidak merusak atau NDT tidak merusak bahan. Pengujian tidak merusak ini terdiri dari Radiografi, Magnetic Particle, Ultrasonic, Dye/ Liquid Penetration, Eddy Current, Electro Magnetic Sorting, Neutron Radiografi, Optical and Acoustic Holografi, Microwave Inspection, Hardness test, Leak Test, Spark Test. Jenis yang biasa digunakan dalam kegiatan inspeksi di perusahaan, yaitu : Radiografi Inspection, Magnetic Particle Inspection (MPI), dan Ultrasonic Inspection.

### 1. Radiografi Inspection

*Radiografi* adalah salah satu uji tanpa rusak yang menggunakan sinar x atau sinar y dan mampu menembus hampir semua logam kecuali timbal sehingga dapat digunakan untuk mengetahui cacat atau ketidaksesuaian dibalik dinding bahan metal itu sendiri. Pemeriksaan cacat las dapat dilakukan dengan radiografi karena daerah yang kemungkinan cacat tersebut

mempunyai kepadatan yang berbeda dari material sekitarnya. Keunggulan utama pemeriksaan *radiografi* adalah kemampuannya memeriksa cacat dalam (*internal flaw*), terutama cacat yang tidak terletak pada satu bidang material. Ada beberapa keuntungan lain dari penggunaan teknik inspeksi *radiografi* yaitu dapat diaplikasikan pada banyak material, menghasilkan rekaman citra permanen, memperlihatkan bagian dalam material dan memperlihatkan ketidaksempurnaan atau gangguan struktur fisik benda (*diskontinuitas*). Selain beberapa keunggulan dalam penggunaan uji radiografi. Terdapat pula kerugian penggunaannya, yakni radiasi dari sinar x dan y (sinar gamma) yang berbahaya bagi kesehatan manusia, yang jika melebihi batas ambang yang diizinkan dapat merusak kesehatan hingga kematian.

### 2. Magnetic Particle Inspection (MPI)

*Magnetic Particle Inspection* (MPI) atau dalam bahasa terjemahannya ialah inspeksi butir magnetik yang digunakan untuk mengidentifikasi cacat yang ada di permukaan dan dibawah permukaan (*sub surface*) baja. MPI memanfaatkan kebocoran garis-garis gaya magnetik (*flux*) pada permukaan benda uji, dengan cara menyemprotkan serbuk magnet pada permukaan benda uji dan diberi medan magnet, jika pada benda uji terdapat kerusakan maka disekitar cacat akan membentuk pola yang memotong alur garis garis serbuk magnet.

### 3. Ultrasonic Inspection

Uji ultrasonik atau dalam bahasa kerjanya adalah UT (*ultrasonic test*) termasuk salah satu dari uji tanpa rusak, terutama untuk mendeteksi cacat internal dan ketebalan dinding. Ultrasonik adalah teknik pemeriksaan yang serbaguna, dipakai untuk menguji bermacam-macam produk logam dan nonlogam seperti sambungan las, benda tempa, benda cor, lembaran tipis, tabung, plastik dan keramik. Pada dasarnya dalam pengujian ultrasonik adanya pengiriman gelombang suara dengan frekwensi tinggi yang dirambatkan kedalam benda uji dengan menggunakan alat yang dapat mengirim dan menerima gelombang suara yang dinamakan Proba (*Transducer*). suara yang dipancarkan akan dipantulkan oleh benda jika terdapat cacat

yang terjadi di dalam baja tersebut, dan diterima kembali oleh proba (*Transducer*).

Inspeksi ultrasonik menggunakan beberapa peralatan seperti: (1) Generator alat yang menghasilkan sinyal elektronik yang mengeluarkan semburan voltase bolak-balik; (2) *Couplant*, zat penghantar gelombang getaran ultrasonik ke benda uji dan sebaliknya; (3) Piranti (*Osiloskop*) untuk mendisplay atau mengidentifikasikan *record* output dari benda uji berupa *chart* atau *computer Print out*; (4) *Transducer* adalah sebuah perangkat yang mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lain.

Keuntungan dalam penggunaan teknik inspeksi Ultrasonik dibanding dengan teknik inspeksi NDT lainnya adalah sebagai berikut: (1) Kemampuan penetrasi yang unggul sehingga mampu mendeteksi cacat yang jauh di dalam material. Kemampuan penetrasi dapat mencapai ketebalan baja sampai 6096 mm; (2) Kepekaan yang sangat tinggi mampu mendeteksi cacat yang sekecil apapun; (3) Akurasi yang tinggi dalam menentukan posisi, ukuran, bentuk, orientasi, kondisi dan sifat cacat internal; (4) Hanya diperlukan sebuah permukaan yang dapat dicapai untuk inspeksi; (5) Kemampuan *scanning* membuat inspektor mampu menginspeksi sejumlah baja dari permukaan depan hingga ke belakang dari satu sisi saja; (6) Tidak berbahaya bagi penggunaannya, orang di sekitar serta peralatan di sekitarnya. Widharto (2004; 143) menyatakan bahwa gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanis yang merambat dan bergerak (bukan sejenis sinar pada pengujian *radiografi*). Dijelaskan bahwa getaran yang merambat di dalam benda padat sebagai sebuah perpindahan partikel yang saling berurutan, karena terjadinya gaya interaksi pada partikel terdekat menyebabkan pergeseran (*displacement*) pada satu titik partikel dan mempengaruhi atau menyebabkan pergeseran titik partikel berikutnya yang berdampingan, demikian seterusnya sehingga terbentuklah panjang gelombang. Perambatan getaran ultrasonik di dalam sebuah material berhubungan dengan sifat elastis dari material tersebut, karena logam bersifat elastis, permukaan akan cenderung bergerak kembali keposisi semula.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini populasi penelitian adalah Platform Module (H-beam, menggunakan sampling jenuh. Penggunaan sampling jenuh sering dilakukan bila jumlah populasi relative kecil. (Sugiyono, 2006: 61). Jumlah populasi yang digunakan adalah sebanyak 84 populasi, sedangkan sampel dalam penelitian ini diambil dari keseluruhan populasi. dikarenakan menyangkut keselamatan kerja Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan prioritas utama yaitu tidak ada toleransi.

#### 3.2. Analisa Data

Analisa data menggunakan beberapa alat statistik, antara lain sebagai berikut:

##### 1. Pareto Chart

Tujuan diagram pareto adalah menentukan faktor-faktor penyebab kecacatan. Diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian.

##### 2. Pengujian Uji Chi Kuadrat ( $\chi^2$ )

Uji *chi-square* ini diterapkan untuk pengujian kenormalan data, dan untuk menentukan apakah factor-faktor yang telah ditentukan memiliki hubungan dengan proses keretakan, data yang digunakan adalah jumlah frekuensi dari setiap fakto-faktor penyebab. Rumus mencari Frekuensi yang diharapkan:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (1)$$

Pengertian *chi square* atau chi kuadrat lainnya adalah sebuah uji hipotesis tentang perbandingan antara frekuensi observasi dengan frekuensi harapan yang didasarkan oleh hipotesis tertentu pada setiap kasus atau data (Sugiyono; 2006). Ekspresi matematis tentang distribusi chi kuadrat hanya tergantung pada suatu parameter, yaitu derajat kebebasan (d.f.).

$$df = (k - 1) \cdot (b - 1) \quad (2)$$

#### 3.3. Lokasi dan Jadwal Penelitian

Penelitian dilakukan pada H-beam di PT. Multi Gunung Mas Batam yang terletak di Komplek Citra Buana 1 BLOK E – NO.1-4, Seraya – Batam. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan waktu 1 (Satu).



#### 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan.

##### 4.1. Pengujian kontak ultrasonic untuk mendeteksi keretakan dan lokasi keretakan itu sendiri.

###### 1. Persiapan bahan uji

Sebelum melakukan pengujian Ultrasonik dilakukan persiapan alat pengujian sesuai spesifikasi bahan uji, hal-hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- 1) Harus diketahuinya jenis logam yang akan di uji.
- 2) Geometri sambungan las sesuai dengan *Welding Procedure Specification* (WPS).
- 3) Jenis Pengelasan
- 4) Lokasi dan panjang las yang diuji

###### 2. Persiapan Peralatan

Persiapan peralatan untuk identifikasi Ultrasonik (UT)

- 1) *Mempersiapkan Unit Flaw Detector UT* yang berfungsi sebagai tampilan atau display lintasan gelombang.
- 2) Proba/ *Transducer* (berkristal tunggal atau *double*) digunakan untuk menghasilkan dan menghantarkan gelombang.
- 3) Kuplan yaitu merupakan minyak pelumas, berupa cairan, semi cairan atau pasta yang digunakan pada benda uji ketika dalam proses UT.

Peralatan Ultrasonik membangkitkan pulsa listrik tegangan tinggi berdurasi singkat. Pulsa ini diaplikasikan pada Proba/*Transducer* yang mengubahnya menjadi getaran mekanis yang dirambatkan ke dalam material yang diperiksa. Persentase terbesar gelombang suara dipantulkan kembali dari permukaan bagian depan benda uji ke Proba atau *Transducer* dan sisanya dipantulkan oleh permukaan bagian belakang benda uji atau dipantulkan oleh Keretakan itu sendiri. Gelombang suara yang diterima kembali oleh Proba/ *Transducer* akan di ubah menjadi pulsa-pulsa listrik yang diperkuat dan ditampilkan pada layar sebagai Pulsa-pulsa Vertikal. Tampilan pada display akan menunjukkan kedalaman dan simpangan

gelombang suara yang dipantulkan dari keretakan yang terdeteksi. Ada dua sistem dasar

Dalam uji Ultrasonik terdapat dua metode yang umum digunakan dalam pengujian suatu benda uji, yaitu:

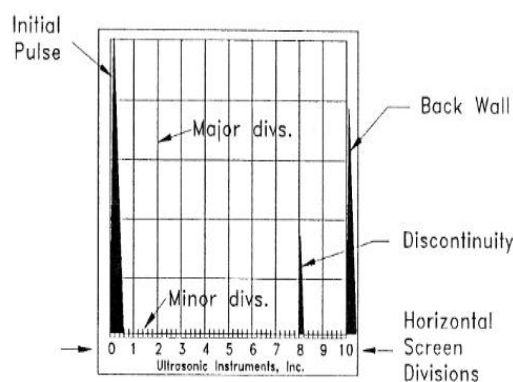
###### 1. Pengujian Kontak

Pengujian kontak ialah dimana Proba/transducer dihubungkan dengan material melalui lapisan tipis yaitu kuplan, dan sering digunakan dilapangan dan dipabrik – pabrik. Peralatannya portabel dan dapat dibawa-bawa ke lokasi pekerjaan.

###### 2. Pengujian *Immersion*

Pada metode ini, benda uji dan Proba di celupkan ke dalam cairan kuplan, dan getaran ultrasonik diaplikasikan ke dalam benda uji melalui cairan kuplan tersebut, sementara Proba atau *Transducer* tidak menyentuh secara langsung dengan material atau benda uji.

Kuplan yang digunakan adalah air yang ditambahi zat pembasah (*Propylene glycol monomethyl ether* (PGME)) untuk mengurangi tegangan permukaan cairan, sehingga membuat benda uji basah. Untuk menentukan lokasi *defect* (keretakan ) di dalam benda uji, layar horizontal pada display dibagi menjadi divisi-divisi yang letaknya di bawah garis horizontal. Display terdapat 10 divisi utama dan masing-masing dibagi menjadi 5 divisi kecil seperti terlihat pada Gambar 1

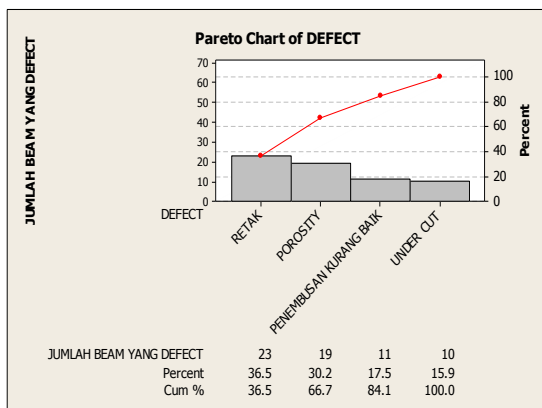


Gambar 1 Display Pada UT Proses

Gambar 1 menunjukkan titik 0 merupakan pancaran gelombang pertama yang dipancarkan ke permukaan benda uji, kemudian titik 10 merupakan gelombang pantulan dari sisi dalam

benda uji yang diterima, jika terdeteksi *defect* maka akan terjadi pantulan gelombang sebelum titik ke-10. Seperti yang terlihat pada titik ke-8, display memperlihatkan terjadinya pemantulan gelombang lebih awal yang ditandai munculnya gelombang di antara titik 0 dan titik 10. Munculnya pantulan gelombang di titik 8 mengindikasikan *defect* (keretakan) yang terjadi.

#### 4.2. Analisa Jenis Cacat Menggunakan Diagram Pareto



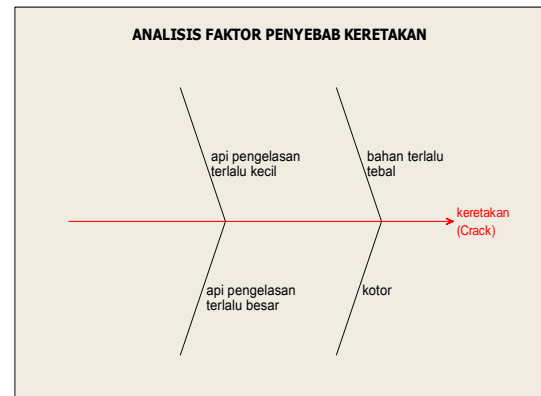
**Gambar 2.** Jenis Cacat (Defect) (hasil pengolahan data minitab)

Berdasarkan diagram pareto dalam Gambar 2 jenis cacat yang menempati posisi pertama adalah jenis cacat retak sebanyak 23 H-beam atau 36.5%, posisi kedua adalah *Porosity* sebanyak 19 H-beam atau 30.2%, posisi ketiga adalah penembusan yang kurang baik sebanyak 11 H-beam atau 17.5%, dan posisi ke empat adalah *Under Cut* sebanyak 10 H-beam atau 15%. Berdasarkan dari data diatas dapat disimpulkan bahwa masalah potensial yang harus diselesaikan terlebih dahulu adalah jenis cacat retak (*crack*).

#### 4.3. Analisa Faktor Penyebab Keretakan.

Analisa faktor-faktor penyebab keretakan yang terjadi, seperti Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan ada 4 faktor yang menyebabkan keretakan salah satunya adalah bahan. Walaupun bahan yang digunakan sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, hal tersebut tidak menjamin seutuhnya kualitas hasil pengerjaan yang dilakukan di lapangan. Faktor-faktor yang tidak terduga dan metode-metode baru yang diciptakan dan digunakan

mempengaruhi hasil pekerjaan. Bahan plat baja dengan ketebalan yang lebih dari 40 mm yang dirangkai menjadi H-beam mempunyai sifat-sifat dan perlakuan panas yang berbeda-beda, bahkan dalam tahap mendisain harus menghitung setiap kemungkinan dan gaya yang terjadi pada beam tersebut.



**Gambar 3.** Analisa Faktor Keretakan (hasil pengolahan minitab)

Bahan plat yang mempunyai ketebalan lebih dari 40 mm ketika akan dilas harus dipanaskan terlebih dahulu agar melunakkan permukaan plat yang akan dilas sehingga cairan logam dapat menyatu dengan logam induk. Jika tidak, cairan logam pengelasan tidak akan menyatu dengan logam induk dan jika terkena gaya tumbukan atau tarikan akan menimbulkan *Crack* (keretakan).

Plat yang dirakit menjadi H-beam dengan proses pengelasan mempunyai waktu pengerjaan yang cukup lama, ditambah ukuran plat yang tebal sehingga harus mempunyai alur pengelasan yang bertahap. Seringkali dalam mempersingkat waktu pengelasan, bahan yang baru saja dilas dipaksa dingin ke suhu normal untuk dapat melanjutkan pengelasan ketahap berikutnya. Dengan tidak sengaja proses pendinginan tersebut merusak struktur atom.

Logam padat adalah bahan yang terbentuk dari ikatan logam (ikatan-ikatan atom) yang secara kokoh menempati posisi-posisi tertentu. Jika logam terkena atau diberi panas hingga pada suhu tertentu ikatan-ikatan pada atom tersebut akan melemah dan jika didinginkan secara paksa struktur ikatan atom tersebut akan menjadi acak dan tidak kuat sehingga jika terkena gaya tumbukan atau tarikan akan berakibat retak (*crack*).

#### 4.4. Uji Chi Square

Data yang diambil untuk data uji *chi-square* adalah frekuensi jenis cacat yang ditemukan dalam proses pembuatan H-beam dan ditampilkan pada Tabel 1 berikut ini:

**Tabel 1.** Faktor Penyebab Keretakan dan nilai Frekuensi dari Faktor Keretakan

| No           | Faktor Penyebab Keretakan              | Retak     | Porositas | Penembusan Kurang Baik | Under Cut | Total     |
|--------------|--|-----------|-----------|------------------------|-----------|-----------|
| 1            | Ketebalan Bahan                        | 20        | 0         | 0                      | 3         | 23        |
| 2            | Kotor pada daerah                      | 0         | 19        | 0                      | 0         | 19        |
| 3            | pengelasan Api pengelasan kurang besar | 3         | 0         | 10                     | 0         | 13        |
| 4            | Api pengelasan terlalu besar           | 0         | 0         | 0                      | 8         | 8         |
| <b>Total</b> |  | <b>23</b> | <b>19</b> | <b>10</b>              | <b>11</b> | <b>63</b> |

##### 1. Hipotesis :

Ho : Tidak ada hubungan antara Proporsi masing-masing faktor penyebab *defect* terhadap cacat yang ditimbulkan.

Ha : Terdapat hubungan antara proporsi masing-masing faktor penyebab *defect* terhadap cacat yang ditimbulkan.

##### 2. Perhitungan frekuensi yang diharapkan (frekuensi teoritis) pada tiap sel dengan rumus:

$$fe = \frac{\sum fk}{\sum T} \cdot \frac{\sum fb}{\sum T} \cdot \sum T \quad (3)$$

Keterangan:

fe: Frekuensi yang diharapkan

fo: Frekuensi yang diselidiki (observasi)

$\sum fk$ : Jumlah Frekuensi pada kolom

$\sum fb$ : Jumlah frekuensi pada baris

$\sum T$ : Jumlah keseluruhan baris dan kolom

$$1. fe = \frac{23}{63} \cdot \frac{23}{63} \cdot 63 = 8,40$$

$$2. fe = \frac{23}{63} \cdot \frac{19}{63} \cdot 63 = 6,94$$

$$3. fe = \frac{23}{63} \cdot \frac{10}{63} \cdot 63 = 3,65$$

$$4. fe = \frac{23}{63} \cdot \frac{11}{63} \cdot 63 = 4,02$$

$$5. fe = \frac{19}{63} \cdot \frac{23}{63} \cdot 63 = 6,94$$

$$6. fe = \frac{19}{63} \cdot \frac{19}{63} \cdot 63 = 5,73$$

$$7. fe = \frac{19}{63} \cdot \frac{10}{63} \cdot 63 = 3,02$$

$$8. fe = \frac{19}{63} \cdot \frac{11}{63} \cdot 63 = 3,32$$

$$9. fe = \frac{13}{63} \cdot \frac{23}{63} \cdot 63 = 4,75$$

$$10. fe = \frac{13}{63} \cdot \frac{19}{63} \cdot 63 = 3,92$$

$$11. fe = \frac{13}{63} \cdot \frac{10}{63} \cdot 63 = 2,06$$

$$12. fe = \frac{13}{63} \cdot \frac{11}{63} \cdot 63 = 2,27$$

$$13. fe = \frac{8}{63} \cdot \frac{23}{63} \cdot 63 = 2,92$$

$$14. fe = \frac{8}{63} \cdot \frac{19}{63} \cdot 63 = 2,41$$

$$15. fe = \frac{8}{63} \cdot \frac{10}{63} \cdot 63 = 1,27$$

$$16. fe = \frac{8}{63} \cdot \frac{11}{63} \cdot 63 = 1,39$$

Perhitungan nilai *Chi-Square* dengan

rumus :

$$\begin{aligned}
 \chi^2 &= \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe} \\
 &= \frac{(20 - 8,40)^2}{8,40} + \frac{(0 - 6,94)^2}{6,94} + \frac{(0 - 3,65)^2}{3,65} + \\
 &\quad \frac{(3 - 4,02)^2}{4,02} + \frac{(0 - 6,94)^2}{6,94} + \frac{(19 - 5,73)^2}{5,73} + \\
 &\quad \frac{(0 - 3,02)^2}{3,02} + \frac{(0 - 3,32)^2}{3,32} + \frac{(3 - 4,75)^2}{4,75} + \\
 &\quad \frac{(0 - 3,92)^2}{3,92} + \frac{(10 - 2,06)^2}{2,06} + \frac{(0 - 2,27)^2}{2,27} + \\
 &\quad \frac{(0 - 2,92)^2}{2,92} + \frac{(0 - 2,41)^2}{2,41} + \frac{(0 - 1,27)^2}{1,27} + \\
 &\quad \frac{(8 - 1,26)^2}{1,26} \\
 &= 16,02 + 6,94 + 3,65 + 0,26 + \\
 &\quad 6,94 + 30,73 + 3,02 + 3,32 +
 \end{aligned}$$



$$0,64 + 3,92 + 30,6 + 2,27 +$$

$$2,92 + 2,41 + 1,27 + 26,92$$

$$= 141,83$$

Maka  $X^2 = 141,83$

$X^2$  tabel dengan rumus :

$$dk = (k - 1) \cdot (b - 1)$$

$$dk = (4 - 1) \cdot (4 - 1)$$

$$dk = 9$$

Nilai  $X^2$  tabel untuk  $\alpha 0,1 = 21,66$

Maka perbandingan antara  $X^2$  hitung dengan  $X^2$  tabel dihasilkan bahwa  $X^2$  hitung  $\geq X^2$  tabel. Maka  $H_0$  ditolak,  $H_a$  diterima.

3. Menghitung tingkat korelasi *Contingency coefficient*

$$c = \sqrt{\frac{X^2}{n + X^2}}$$

$$c = \sqrt{\frac{141,83}{63 + 141,83}}$$

$$= 0,89$$

Nilai korelasi hubungan antara proporsi masing-masing faktor penyebab *defect* terhadap cacat yang ditimbulkan adalah 0,89 yang berarti memiliki hubungan yang sangat signifikan.

NDT mendeteksi segala jenis kerusakan yang ada di permukaan benda atau didalam benda seperti pada bahan logam. Selain dapat mendeteksi cacat pada logam, metode NDT dapat mendeteksi faktor kecacatan dalam proses pengelasan pada pipa. Hal ini terdapat 5 faktor penyebab kecacatan seperti: manpower, material, machine, environment, dan method dengan nilai korelasi hubungan antara proporsi masing-masing faktor penyebab *defect* terhadap cacat yang ditimbulkan 0,552 yang berarti terdapat hubungan antara faktor penyebab cacat dengan cacat yang ditimbulkan (Prasetyo dan wiranata, 2016).

Penentuan faktor penyebab keretakan pada bahan logam dapat dideteksi menggunakan metode NDT dan terdapat 4 faktor penyebab keretakan yaitu : api pengelasan terlalu kecil, api pengelasan terlalu besar, bahan terlalu tebal dan kotor pada daerah pengelasan. Plat yang dirakit menjadi H-beam dengan proses pengelasan mempunyai waktu pengerjaan yang cukup lama, dan bertahap. Untuk mempersingkat waktu

pengelasan, bahan yang baru saja dilas dipaksa dingin ke suhu normal sehingga merusak bahan.

Tujuannya adalah setelah cacat tersebut terdeteksi dan selanjutnya diperbaiki dapat menghasilkan output yang bebas cacat, sekaligus mencegah terjadinya perkembangan cacat tersebut menjadi penyebab kerusakan yang serius atau sumber bencana bagi pekerja disekitarnya.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa dilakukan proses pengidentifikasian terhadap cacat menggunakan metode *Non Destructive Test (NDT)* maka diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Faktor Keretakan (*crack*) pada *H-beam module* disebabkan oleh ketebalan bahan.
2. Mekanisme dalam pengendalian *defect (crack)* pada bahan yang mempunyai ukuran dan ketebalan yang besar dan tebal dengan menggunakan metode NDT (*Non Destructive Test*)

### 5.2. Saran

1. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengukur defect terbesar kedua yaitu *Porosity* (keropos) .
2. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pada bahan yang sama tetapi menggunakan metode yang berbeda.

## Daftar Referensi

- Prasetyo, Rony dan Wiranata, Willy. (2016). Analisis faktor penyebab cacat hasil pengelasan pipa menggunakan metode *non destructive testing*. Jurnal Rekayasa Sistem Industri.
- Schey, John A., (2000). *Introduction to Manufacturing Processes*, D. Prabantini (editor), 2009. Edisi Ketiga. ANDI.
- Rinies, D. Asih, I. S. Utami, B. H. Winarno (peterjemah). (2009). *Proses Manufaktur*. Edisi Pertama. ANDI. Yogyakarta.
- Sugiyono. (2006). *Statistika untuk Penelitian*. Cetakan ke Sembilan. ALFABETA. Bandung.

- T. S, Sofyan. (2008). Magnetic Particle Testing & Liquid Penetrant Testing Asnt Level Ii Course. Ikkal M – Yos. Batam.
- Quedarusma., dkk. (2013). *Anjungan Lepas Pantai*. Jurnal Sipil Statik. 1(2).4
- Widharto, Sri. (2004). *Inspeksi Teknik Buku 1*. Cetakan pertama. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Widharto, Sri. (2005). *Inspeksi Teknik Buku 3*. Cetakan Kedua. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Widharto, Sri. (2004). *Inspeksi Teknik Buku 4*. Cetakan pertama. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Widharto, Sri. (2004). *Inspeksi Teknik Buku 5*. Cetakan pertama. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wirjosumarto, Harsono dan T. Okumura. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Kedelapan. Pradya Paramita. Jakarta.